

돼지를 이용한 복강경하 부분신절제술 훈련의 효과

The Impact of Using a Porcine Model in Laparoscopic Partial Nephrectomy Training

Sung Yul Park, Byung Hyun Soh, Koon Ho Rha, Seung Choul Yang, Woong Kyu Han

From the Department of Urology, Urological Science Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We assessed the impact of using a porcine model on the training of laparoscopic partial nephrectomy (LPN) and compared the training effectiveness between surgeons with and without previous laparoscopic experience.

Materials and Methods: Surgeon A had previous laparoscopic experience, with the exception of LPN, while surgeon B had no prior laparoscopic experience. A tumor model was created by subcapsular injection of liquid plastic (Smooth-Cast 320) in the kidney. We recorded the total operation time, the bowel dissection time, the renal pedicle dissection time, the warm ischemic time, the mass resection time, the suture time, and the presence of major complications for each surgeon.

Results: The mean operation time was significantly shorter for surgeon A compared to surgeon B (49.1 ± 4.5 and 63.6 ± 8.4 minutes, respectively, $p < 0.001$). Although the mass resection time was significantly shorter for surgeon A as well, there were no significant differences between the two surgeons in terms of warm ischemia time and suture time. As the training progressed, surgeon B improved in all surgical steps and surgeon A showed improvement in time for warm ischemia and suturing the defect. Five complications occurred (two cases by surgeon A and three cases by surgeon B).

Conclusions: A porcine model improved the skills needed for LPN, including shortening the warm ischemia and suture times. LPN is a procedure requiring technically-demanding skills that can be improved by training using a animal model, regardless of the previous laparoscopic experiences. (Korean J Urol 2008;49:868-873)

Key Words: Laparoscopy, Training, Nephrectomy

대한비뇨기과학회지
제 49 권 제 10 호 2008

연세대학교 의과대학
비뇨기과학교실, 비뇨의과학연구소

박성열 · 소병현 · 나군호
양승철 · 한웅규

접수일자 : 2008년 3월 7일
채택일자 : 2008년 8월 13일

교신저자: 한웅규
연세대학교 의과대학
비뇨기과학교실
서울시 서대문구 성산로 250
(신촌동 134)
☎ 120-752
TEL: 02-2228-2323
FAX: 02-312-2538
E-mail: hanwk@yuhs.ac

본 연구는 연세대학교 의과대학 2007년도
교수 연구비에 의하여 이루어졌음.

서 론

최근 건강 검진의 증가와 진단 도구의 발달로 인해 무증상의 크기가 작고 우연히 발견되는 신세포암의 빈도가 증가하면서 부분신절제술의 시행도 증가하고 있다. 부분신절제술의 전통적인 적응증인 단일신, 양측 신장에 생긴 신세포암 또는 신세포암 유발 빈도가 높은 유전적 질환을 가진 환자 이외에도 대측 신기능이 정상인 크기가 작은 국소암에 대해서도 부분신절제술이 시도되고 있다.

비뇨기과 영역에서 1990년 Clayman 등¹⁾이 복강경하 신절제술을 최초로 시행한 이래 복강경 수술은 활발하게 시행되어 최근에는 거의 모든 개복 수술에 복강경 수술이 적용되고 있고 복강경하 부분신절제술의 빈도 역시 증가하는 추세이다. 복강경 수술은 빠른 회복으로 인한 재원기간의 감소, 미용적인 요소, 술 후 위험도의 감소 등의 장점을 가지고 있으나 긴 습득시간을 필요로 한다는 것이 큰 단점이며, 특히 복강경하 부분신절제술은 봉합 등의 술기를 사용하기 때문에 일반적인 복강경 수술보다 더 긴 습득시간을 필요로 한다.

Traxer 등²은 동물을 이용한 복강경 술기의 훈련은 특히 복잡한 술기를 향상시킬 수 있었으며, 복강경의 교육 과정에 동물 모델을 이용한 훈련이 포함되어야 한다고 하였다. 복강경하 부분신절제술의 훈련을 위한 모델은 동물을 이용한 방법이 가장 보편적이지만, 그 효과에 대해서는 이견이 많다.

저자들은 돼지를 이용하여 복강경하 부분신절제술의 훈련을 위한 종양 모델을 만들고, 이 모델을 이용한 훈련을 통해 어느 정도로 술기를 향상시킬 수 있는가에 대하여 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

35-40kg의 암수 돼지 각 4마리, 총 8마리를 사용하였다. 2명의 비뇨기과 전문의가 매주 한 마리의 돼지로 각 4마리의 돼지를 사용하여 좌, 우측의 부분신절제술을 총 8례 시행하였다. 1명의 술자는 어느 정도의 복강경 수술 경험이 있으나 복강경하 부분신절제술의 경험은 없었고, 1명의 술자는 복강경 수술의 술자로서의 경험이 전혀 없었다.

2. 방법

1) 종양 모델의 형성: 경화 플라스틱의 일종인 Smooth-Cast 320 (Smooth-On, Easton, USA)를 사용하여 종양 모델을 만들었다. 이 플라스틱은 part A (황색통)과 part B (청색통)로 구성되어 있으며, 두 가지 액상 물질을 섞으면 5분 이내에 굳어지게 된다. 돼지의 신장을 박리한 후 이 두 액상 물질을 섞어 바늘을 통해 신피막 하에 주사하면 흰색으로 굳어져 경계를 확인할 수 있는 종양 유사 형태를 형성하게 된다 (Fig. 1). 신하극에 약 2.0cm의 종물을 만들어 수술을

시행하였다.

2) 종양 훈련 모델의 평가: 어느 정도의 복강경 수술 경험이 있으나 복강경하 부분신절제술의 경험이 없는 술자를 A, 복강경 수술의 술자로서의 경험이 전혀 없는 술자를 B로 구분하였다. 복강경하 부분신절제술에 대한 술자의 학습곡선 (learning curve)을 측정하였다. 학습곡선은 전체 수술 시간, 대장 박리 시간, 신경 (renal pedicle) 박리 시간, 온허혈 시간, 종양 절제 시간, 절제 부위 봉합 시간을 단계별로 측정하여 비교하였고 간, 비장, 장, 주요 혈관 손상과 같은 합병증 발생 여부를 비교하였다. 두 술자의 비교는 Mann-Whitney U test와 Fisher's exact test로 분석하였다. 통계 프로그램은 SPSS for Windows (version 12.0)를 사용하였으며, p값이 0.05 미만일 때 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

3) 수술 방법: 실험은 전신마취 하에 진행하였고, 측와위를 취하여 테이블에 고정하였다. Veress 바늘로 제대 높이의 유두 측면에 기복 형성을 위해 이산화탄소를 주입한 후, 12mm 카메라용 포트를 삽입한 후, 직시 하에 카메라 포트보다 3cm 정도 외측의 늑골 하방 및 복근 외측에 제대부와 전상장골극 사이 지점에 카메라 포트와 8cm 간격을 두어 각각 5mm 포트를 삽입하였다. 복강 내 장기와 Gerota 근막의 경계면을 박리하여 신장을 노출하고 대장 외측을 따라 신상부로부터 골반강 입구 부위까지 박리하여 대장을 내측으로 위치시켰다. 후복막강 부위에서 요관을 확인한 후 후복막강의 후면을 박리하고, 노출된 요관을 따라 신문부 혈관 쪽으로 접근하였다. 신정맥과 신동맥을 각각 노출시켜 신장의 이동성을 확보하고 신동맥을 복강경용 Satinsky鉗자를 이용하여 결찰하였다 (Fig. 2). 종양 주위의 정상 조직을 1cm 정도 포함시켜서 복강경용 가위를 이용하여 절제하였다 (Fig. 3). 다른 보강물을 추가하지 않고 절제면을 2-0

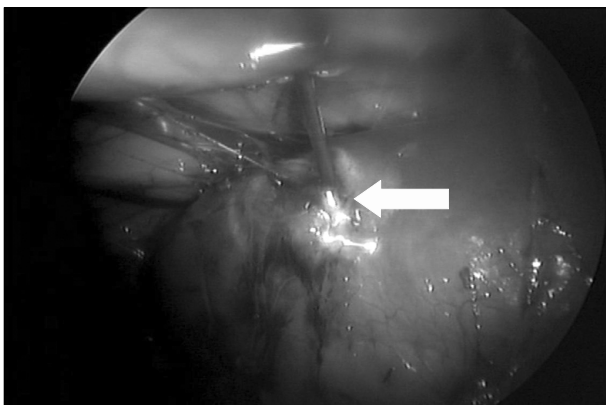


Fig. 1. *In vivo* laparoscopic appearance of the tumor model (arrow).

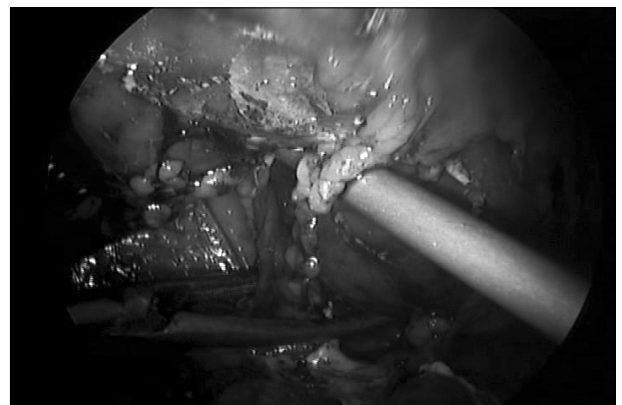


Fig. 2. Clamped renal pedicle by a Satinsky clamp.

Monocryl® 봉합사를 이용하여 3회의 매트리스 봉합을 한 다음 Satinsky 점자를 풀고 수술을 마쳤다 (Fig. 4).

결 과

모든 수술은 술 중 사망 없이 성공적으로 시행하였다. 평균 수술 시간은 56.3 ± 9.9 분, 평균 온허혈 시간은 25.3 ± 5.3 분, 평균 종양 절제 시간은 6.0 ± 1.5 분, 평균 절제 부위 봉합 시간은 19.3 ± 4.7 분이었다. 본 모델에서는 신종물의 깊이가 깊지 않았기 때문에 종물을 절제하여 집뇨계가 열린 경우는 없었으며 이에 대한 봉합도 시행하지 않았다.

각 술자 A, B의 평균 수술 시간은 49.1 ± 4.5 , 63.6 ± 8.4 분, 평균 대장 박리 시간은 10.8 ± 1.2 , 15.3 ± 2.2 분, 평균 신경 박리 시간은 15.3 ± 2.3 , 20.7 ± 2.0 분, 평균 온허혈 시간은 23.0 ± 4.0 , 27.6 ± 5.6 분, 평균 종양 절제 시간은 5.1 ± 1.0 , 7.0 ± 1.3 분, 평균 절제 부위 봉합 시간은 17.9 ± 4.6 , 20.7 ± 4.6 분이었다. 각 단계별로 수술 시간, 대장 박리 시간, 신경 박리 시간, 종양 절제 시간은 A 술자가 B 술자에 비해 유의하게 짧았으나, 온허혈 시간과 절제 부위 봉합 시간은 두 술자 간의 유의한 차이가 없었다 (Table 1, Fig. 5). 학습곡선은 두 술자 모두에

서 수술이 반복될 때마다 전반적인 시간의 단축이 관찰되었다. 그러나 B 술자에서 모든 단계에서 뚜렷한 술기의 향상을 보인 반면, A 술자의 경우에는 온허혈 시간, 종양 절제 시간, 절제 부위 봉합 시간은 뚜렷한 술기의 향상을 보였으나 나머지 단계에서는 변화가 미미하였다.

합병증은 모두 5례에서 발생하였는데, A 술자가 2례, B 술자가 3례에서 발생하였다. A 술자의 경우 간, 십이지장 손상이 있었고, B 술자의 경우 간, 대장, 대동맥 손상이 있었고 모두 수술 중 손상이 확인되었다. 간, 십이지장, 대장의 손상의 경우 대장 박리 중 열상이 발생하였으며 특별한 처치 없이 수술을 진행하여 수술이 종료된 후 돼지를 희생시켰으며, 대동맥 손상의 경우 우측 신경 박리 도중 약 0.5cm의 열상이 발생하였으며 metal hemoclip을 이용하여 췌기 모양으로 손상 부위를 결찰하였다.

고 찰

비뇨기과 영역에서 복강경 수술이 소개된 이래로 복강경 수술은 비뇨기과 수술 영역에서 빠른 속도로 그 영역이 넓어지고 있다. 복강경 수술의 많은 장점에도 불구하고, 아직

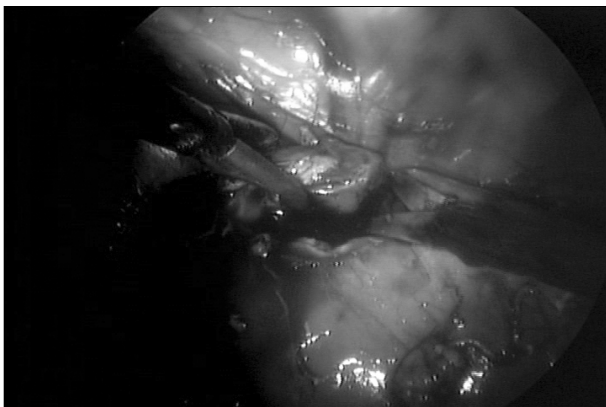


Fig. 3. Tumor resection model.



Fig. 4. Suturing a renal defect.

Table 1. Comparison of training results between surgeons A and B

Variable	Surgeon A	Surgeon B	p-value
Mean total operation time (min.)	49.1 ± 4.5	63.6 ± 8.4	$<0.001^*$
Mean bowel mobilization time (min.)	10.8 ± 1.2	15.3 ± 2.2	$<0.001^*$
Mean renal pedicle dissection time (min.)	15.3 ± 2.3	20.7 ± 2.0	0.001^*
Mean warm ischemic time (min.)	23.0 ± 4.0	27.6 ± 5.6	0.105^*
Mean mass resection time (min.)	5.1 ± 1.0	7.0 ± 1.3	0.007^*
Mean suture time (min.)	17.9 ± 4.6	20.7 ± 4.6	0.328^*
Presence of major complications	2/8	3/8	1.000^\dagger

*: statistical analysis by Mann-Whitney U test, † : statistical analysis by Fisher's exact test

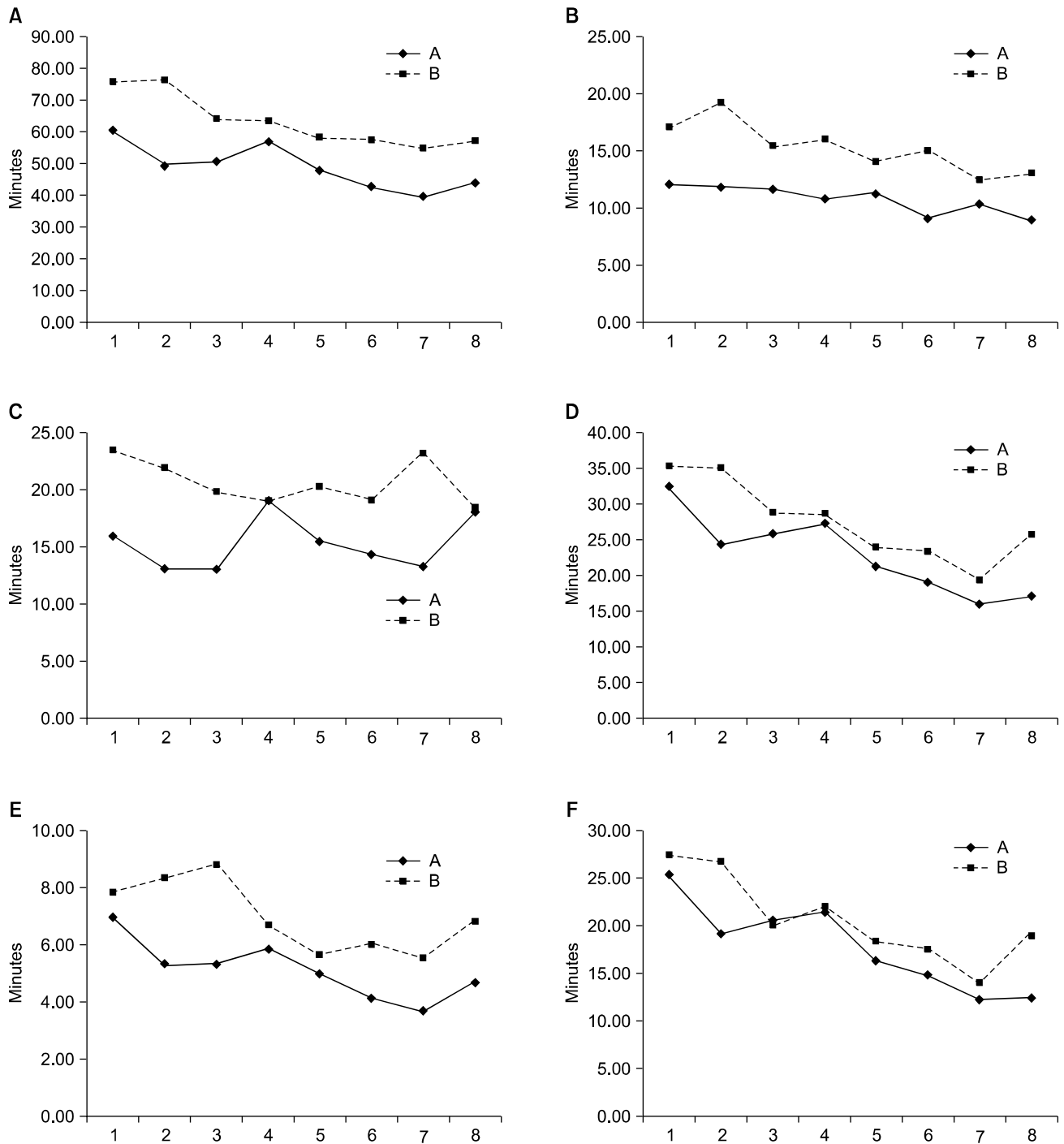


Fig. 5. The learning curves of two surgeons for each steps; total operation time (A), bowel mobilization time (B), renal pedicle dissection time (C), warm ischemic time (D), mass resection time (E) and suture time (F).

까지 복강경 수술이 비뇨기과 수술의 초보자에게 어려운 수술인 이유는 상대적으로 긴 학습곡선 때문이었다. 특히 봉합이나 정확한 절제가 필요한 부분신절제술, 신우성형술, 전립선적출술 등의 경우 다른 복강경 수술에 비해 더욱 긴 학습곡선이 필요하다. 또한 복강경 술기는 2차원적인 시야

에서 시행하므로 시축과 동축의 분리가 발생하여 입체감이 떨어지기 때문에 술기에 익숙해지기 위해서는 개복수술과는 다른 훈련이 필요하다.^{3,4} 복강경 수술을 시행하기 위해서는 이에 대한 체계적인 훈련이 필요하지만, 전공의 수련 과정에서 복강경 수술에 대해 체계적으로 훈련을 받기에는

현실적으로 많은 어려움이 있다.

일반적으로 흔하게 사용하는 복강경 훈련 모델은 pelvic box trainer와 같은 비동물성 모델과 돼지와 같은 동물 모델이다.⁵ 비동물성 모델은 기본적인 복강경 술기를 습득하기 위해서는 매우 중요한 훈련 방법으로 주로 pelvic box trainer가 사용되지만, 최근에는 보다 값싼 간단한 종이상자를 이용한 훈련 모델로 비교적 만족할만한 결과를 얻었다는 보고도 있었다.⁶ 이런 비동물성 모델은 기본적인 술기를 습득하는 데는 도움이 되지만 실제 수술 환경과는 거리가 있어 임상 수술을 시행하기에는 부족한 점이 있다. 동물 모델은 실제 수술을 시행하기 전에 임상 수술과 가장 근접한 술기 훈련을 할 수 있다. 돼지는 동물 모델로 널리 사용되고 있으며 훈련을 위한 충분한 복강을 확보할 수 있으며, 모든 복강경 기구를 연습할 수 있고, 실제 조직으로 출혈이나 합병증을 겪으면서 훈련할 수 있는 장점이 있다. 또한 돼지 모델을 통해서 새로운 술기를 개발하거나 새로운 수술 도구를 시험할 수 있다.^{7,8} 하지만 돼지는 후복강 지방 조직이 없기 때문에 비뇨기과적으로 실제 인체와 차이가 있다. Katz 등⁹은 시신과 돼지를 가지고 복강경 수술 훈련을 시행한 결과 시신이 해부학적인 이해, 복강경 기구에 대한 이해, 술기적인 이해 측면에서 돼지보다 우수하였다고 하였다.

본 연구에서 사용한 종양모델은 Hidalgo 등¹⁰이 보고한 모델로 기본 모델보다 쉽고 빠르게 종양모델을 만들 수 있으며, 종양의 위치와 크기를 실험의 목적에 맞게 만들 수 있는 장점이 있다. 하지만 깊게 위치한 종양모델을 만들기에는 부적합한 것으로 보고하였다. 저자들의 연구에서 이런 종양모델을 이용한 복강경하 부분신절제술에서는 실제 사람의 경우와는 달리 집뇨관이 열리는 경우도 없었고, 종양의 위치도 하부에 위치를 시켜서 종양의 절제와 지혈을 위한 봉합이 보다 쉬운 환경에서 시행을 하였기 때문에 실제 상황과는 큰 오차를 보일 것이다. 하지만 훈련과정에서 온허혈 시간, 종양절제 시간, 봉합 시간이 두 술자에서 모두 향상되는 점으로 보아 신속한 시간 내에 종양의 절제와 봉합이라는 복강경하 부분신절제술의 기본술기를 훈련하는 유용한 훈련방법으로 생각된다.

저자들의 연구 결과, 이미 복강경 경험이 있는 술자는 기본적인 술기에 해당하는 대장 박리나 신경 박리에서는 복강경 경험이 없는 술자에 비해 우수한 성적을 나타냈으나 항상 속도는 미미하였다. 반면 절제 부위의 봉합에서는 두 술자 모두 비슷한 향상을 보여 동물 모델의 효과가 있었던 것으로 생각한다. 복강경하 부분신절제술의 경우, 온허혈 시간이라는 제한된 시간 동안 정확한 절제와 봉합을 시행해야 하기 때문에 다른 수술에 비해서 보다 많은 훈련과 긴 습득시간이 필요하다. 부분신절제술처럼 복잡한 수술의

훈련은 동물 모델이 적합할 것으로 생각되지만 경제적, 구조적인 제한점이 있기 때문에 보다 합리적인 훈련 과정을 위해서는 비동물성 모델과 동물 모델을 모두 이용하는 것이 좋을 것이다. Fried 등¹¹은 복강경 시뮬레이터로 훈련을 한 전공의가 돼지 모델을 이용한 훈련 시, 더 많은 술기의 향상을 나타냈다고 보고하였다. 반대로 Traxer 등²은 비동물성 모델을 이용한 복강경 훈련이 기본적인 복강경 술기의 향상에는 도움이 되었지만, 돼지를 이용한 복강경하 신절제술의 전반적인 술기의 향상에는 영향을 주지 않았다고 하였다. 저자들의 연구를 통해서 두 술자 모두 복강경 술기의 향상을 얻을 수 있었으나, 복강경 경험은 있으나 복강경하 부분신절제술의 경험이 없었던 술자의 온허혈시간, 봉합시간이 술자 B와 유의한 차이가 없는 것으로 보아 복강경하 부분신절제술의 핵심 술기인 봉합의 과정은 이전의 일반적 박리와 적출만 하는 복강경 술기와 구별되는 난이도가 높은 술기이므로 이전에 일반적인 복강경 경험이 있더라도 봉합 등과 같은 술기를 훈련을 통해 향상하는 것이 도움이 될 것으로 판단된다. 이러한 술기의 향상은 비용적 측면을 고려해서 비동물성 모델 훈련을 선행한 후에 동물 모델 훈련을 시행한다면 보다 많은 술기의 향상이 있을 것으로 생각한다.

결 론

복강경 수술의 술기를 익히는데 훈련 모델은 유용하며 특히 복강경하 부분신절제술과 같은 고난도의 술기 습득에 도움을 준다. 복강경의 경험이 있다고 하더라도 처음으로 복강경하 부분신절제술을 시행할 때 봉합과 같은 술기에 기술적 어려움을 보일 수 있으므로 동물 모델을 통해 미리 술기에 적응하는 것이 도움이 될 것으로 생각한다. 이와 함께 단계적으로 난이도 있는 술기를 습득하는 것이 보다 효과적인 훈련 결과를 얻을 수 있으므로 향후 시간 비효율적인 측면을 고려한 합리적인 훈련 프로그램의 개발이 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Clayman RV, Kavoussi LR, Soper NJ, Dierks SM, Meretyk S, Darcy MD, et al. Laparoscopic nephrectomy: initial case report. J Urol 1991;146:278-82
2. Traxer O, Gettman MT, Napper CA, Scott DJ, Jones DB, Roehrborn CG, et al. The impact of intense laparoscopic skills training on the operative performance of urology residents. J Urol 2001;166:1658-61
3. Soper NJ, Hunter JG. Suturing and knot tying in laparoscopy.

- Surg Clin North Am 1992;72:1139-52
 4. Wolfe BM, Szabo Z, Moran ME, Chan P, Hunter JG. Training for minimally invasive surgery. Need for surgical skills. Surg Endosc 1993;7:93-5
 5. Medina M. Formidable challenges to teaching advanced laparoscopic skills. JSLS 2001;5:153-8
 6. Chandrasekera SK, Donohue JF, Orley D, Barber NJ, Shah N, Bishai PM, et al. Basic laparoscopic surgical training: examination of a low-cost alternative. Eur Urol 2006;50:1285-90
 7. Breda G, Nakada SY, Rassweiler JJ. Future developments and perspectives in laparoscopy. Eur Urol 2001;40:84-91
 8. Corvin S, Oberneder R, Adam C, Frimberger D, Zaak D, Siebels M, et al. Use of hydro-jet cutting for laparoscopic partial nephrectomy in a porcine model. Urology 2001;58:1070-3
 9. Katz R, Hoznek A, Antiphon P, Van Velthoven R, Delmas V, Abbou CC. Cadaveric versus porcine models in urological laparoscopic training. Urol Int 2003;71:310-5
 10. Hidalgo J, Belani J, Maxwell K, Lieber D, Talcott M, Baron P, et al. Development of exophytic tumor model for laparoscopic partial nephrectomy: technique and initial experience. Urology 2005;65:872-6
 11. Fried GM, Derossis AM, Bothwell J, Sigman HH. Comparison of laparoscopic performance in vivo with performance measured in a laparoscopic simulator. Surg Endosc 1999;13:1077-81
-